

Влияние условий фазообразования на термочастотную нелинейность диэлектрических свойств керамик $\text{Bi}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{MnO}_3$ модифицированных магнитоактивными элементами

Д.В. Волков

*Южный федеральный университет, Научно-исследовательский институт физики, 344090
Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: dvvolkov@sfnu.ru*

Соединение LaMnO_3 со структурой перовскита — это вещество, которое проявляет потенциально перспективные для практических применений магнитные и электрические свойства. Стехиометрический LaMnO_3 является антиферромагнетиком, структура ромбическая, пространственная группа - $R\bar{3}c$. Оно термодинамически стабильно в широком температурном интервале, хотя и обладает высокой электропроводностью — $3,6 \cdot 10^2 (\text{Ом} \cdot \text{см})^{-1}$ при комнатной температуре [1, 2, 13], что, вероятно, связано с присутствием катионов переменной валентностью и, как следствие, высокой концентрацией кислородных вакансий. При определенном соотношении $\text{Mn}^{4+} \leftrightarrow \text{Mn}^{3+}$ в твердых растворах на основе LaMnO_3 происходит формирование ферромагнитной фазы [3-8]. Пятидесятипроцентное замещение La^{3+} на сегнетоактивный катион Bi^{3+} с близким ионным радиусом, позволяет получить мультиферроик со структурой типа перовскита, с сосуществующими ферромагнитным и сегнетоэлектрическим упорядочениями [9, 10]. Использование $\text{Bi}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{MnO}_3$ перспективно для датчиков магнитного поля, переменного/постоянного тока, микроволновых резонаторов и новых носителей данных [11, 12]. Интерес к подобным материалам усиливается не только со стороны физики конденсированного состояния, но и со стороны разработчиков электронной техники. Тем не менее, несмотря на значительный объем исследований, посвященных вышеописанным объектам, ряд практически важных аспектов поведения их свойств остается за пределами, как теоретических предсказаний, так и экспериментальных работ.

Настоящая работа посвящена установлению взаимосвязи между нелинейным поведением диэлектрических свойств объектов, в том числе, в условиях воздействия магнитного поля, и их термодинамической предыстории.

Объектами стали твердые растворы $\text{Bi}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{MnO}_3$, модифицированные магнитоактивными оксидами Fe^{3+} и Co^{2+} . Указанные катионы существенно отличаются от Mn^{3+} энергетической структурой и геометрией 3d-орбиталей. Это, очевидно, приведет к нарушениям характерного для магнитной подсистемы Mn^{3+} сверхобменного взаимодействия посредством p-орбиталей кислорода, может стать источником новых магнитных фаз и состояний, и приведет к качественной трансформации магнитодиэлектрических свойств в широком температурно-частотном интервале.

Все объекты получены двухстадийным твердофазным синтезом и спекались по обычной керамической технологии, с последовательной оптимизацией каждой стадии процесса получения. В работе изучены: структура (методом рентгеноструктурного анализа, на дифрактометре ДРОН-3), микроструктура (сканирующий электронный микроскоп), диэлектрические характеристики в диапазоне температур от 11 К до 300 К и широком диапазоне частот от 86 Гц до 1 МГц, в том числе, в магнитном поле, напряженностью до 0,86 Тл.

Предварительные результаты исследований свидетельствуют о значительной роли Максвелл-Вагнеровской поляризации в формировании диэлектрических свойств объектов исследования. На Рисунке 1 представлены температурные зависимости диэлектрической проницаемости образца состава $\text{Bi}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{Mn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$, на них наблюдаются сильно размытые максимумы, сдвигающиеся в область высоких температур при увеличении частоты измерительного поля.

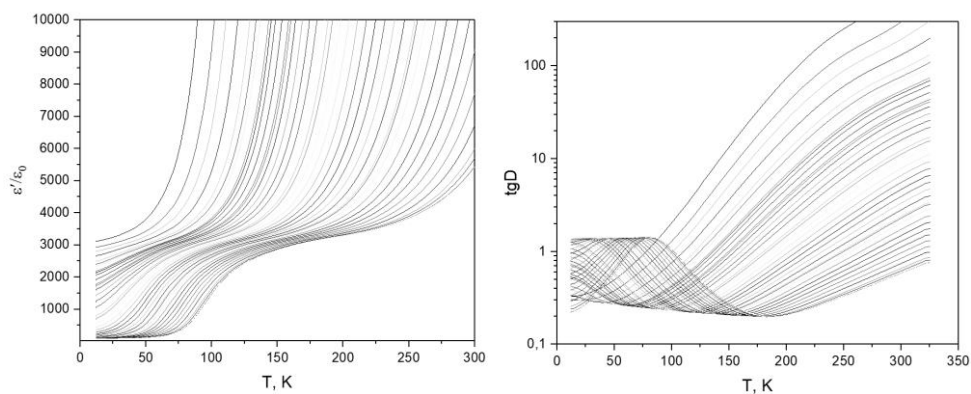


Рисунок 1. Зависимость действительной части диэлектрической проницаемости ϵ' и тангенса диэлектрических потерь tgD от температуры в отсутствии внешнего магнитного поля.

Экспериментальные значения тангенса диэлектрической проницаемости, измеренные параллельно, и позволяют связать полученные результаты с эффектами, вызванными ростом электропроводности многослойной структуры, образованной зернами и границами между ними. Подобное поведение также было обнаружено в ряде других работ [14-16].

«Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032), (БА30110/20-3-07ИФ)» с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Электромагнитные, электромеханические и тепловые свойства твердых тел» НИИ физики Южного федерального университета.

1. M.N. Iliev, A.P. Litvinchuk, M.V. Abrashev, V.G. Ivanov, H.G. Lee, W.H. McCarroll, M. Greenblatt, R.L. Meng, C.W. Chu. *Physics C*, 341:2257–2258. (2000).
2. S.A. Hosseini, B. Mehri, A. Niaei, B. Izadkhah, C. Alvarez-Galvan, J.G.L. Fierro. *J. Sol-Gel Sci Technol* 85 3:647–656. (2018).
3. J.A.M. Van Roosmalen, E.H.P. Cordfunke, R.B. Helmholtz, H.W. Zandbergen, *J. Solid State Chem.* 110, 100 (1994).
4. J. Töpfer, J.B. Goodenough, *J. Solid State Chem.* 130, 117 (1997).
5. Y.K. Liu, H.F. Wong, K.K. Lam, C.L. Mak, C.W. Leung *J. of Magnetism and Magnetic Materials* 481:85–92. (2019)
6. R. Das, A. Midya, M. Kumari, A. Chaudhuri, X.J. Yu, A. Rusydi, R. Mahendiran, *J. Phys. Chem. C* 123 (6):3750–3757. (2019).
7. M. Iqbal, M.N. Khan, A.A. Khan *J. of Magnetism and Magnetic Materials* 465:670–677. (2018)
8. F. Chiabrera, I. Garbayo, D. Pla, M. Burriel, F. Wilhelm, A. Rogalev, M. Nunez, A. Morata, A. Tarancon, *APL. Mater* 7(1):8. (2019).
9. C.C. Chou, C.L. Huang, S. Mukherjee, Q.Y. Chen, H. Sakurai, A.A. Belik, E. Takayama-Muromachi, H.D. Yang, *Phys. Rev. B* 80(18):6. (2009).
10. B.W. Lee, P.S. Yoo, V.B. Nam, C.U. Jung, *Nanoscale Res. Lett.* 10:5. (2015).
11. M.M. Vopson, *Crit. Rev. Solid State Mat. Sci.* 40 (4):223–250. (2015).
12. T. Wang, S-H. Song, X-L. Wang, J-J. Chen, M-L. Tan, *J. Sol-Gel Sci. Technology* 85(2):356–368 (2018).
13. C. I. Covaliu, T. Mălăeru, G. Georgescu, O. Oprea, L. Alexandrescu, I. Jitaru, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 6(4): 1491-1497. (2011).
14. A.V. Turik, A.V. Pavlenko, L.A. Reznichenko, *FTT T.58.* 4 (2016)
15. S.P. Keerthana, M. Muneeswaran, P. Jegatheesan, *AIP Conference Proceedings* t. 1333, 1 (2012).
16. G. Anjum, S. Mollah, D.K. Shukla, Kumar Ravi, *Materials Letters* T.64 2003, 3 (2010).